



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 53 000 A 1

51 Int. Cl. 7:
B 01 J 19/08
B 22 F 3/105
B 29 C 67/00
B 23 K 26/00

21 Aktenzeichen: 199 53 000.9
22 Anmeldetag: 4. 11. 1999
43 Offenlegungstag: 17. 5. 2001

DE 199 53 000 A 1

71 Anmelder:
Exner, Horst, Prof. Dr.-Ing., 09648 Lauenhain, DE;
Ebert, Robby, Dipl.-Phys., 09114 Chemnitz, DE
74 Vertreter:
Krause, W., Dr.-Ing. Faching.f.Erfindungswesen,
Pat.-Anw., 09648 Mittweida

72 Erfinder:
gleich Anmelder
56 Entgegenhaltungen:
US 55 08 489

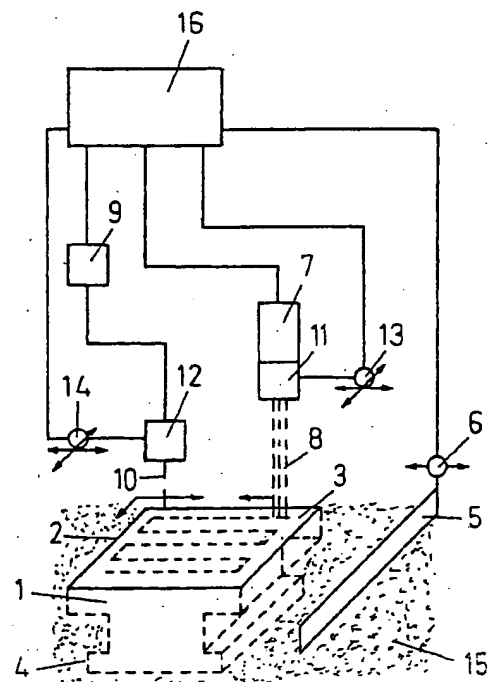
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Einrichtung zur schnellen Herstellung von Körpern und Verwendung von mehreren Strahlen zur schnellen Herstellung von Körpern

57 Die Erfindung betrifft Verfahren und Einrichtungen zur schnellen Herstellung von Körpern, insbesondere von Werkzeugen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen unter Verwendung von nacheinander schichtweise aufgetragenen pulverförmigen Stoffen und Verwendungen von mehreren Strahlen zur schnellen Herstellung von diesen Körpern.

Das Verfahren und die Einrichtung zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass die Körper maßgenau, konturscharf, schnell und mit hoher Dichte hergestellt werden. Formkorrigierende Nachbehandlungen werden weitestgehend vermieden, so dass sehr ökonomisch derartige Körper herstellbar sind. Das wird durch die Verwendung zweier Strahlungsquellen beim Sintern oder Verschweißen erreicht, wobei die Erste der Erzeugung der Kontur und die Zweite zur schnellen Realisierung des Innenraums des zu erzeugenden Körpers dient. Bei der ersten Strahlungsquelle handelt es sich vorwiegend um einen Laser guter Strahlqualität, da ein kleiner Fokus erzielt werden soll. Als zweite Strahlungsquelle wird vorteilhaft ein Hochleistungsdiodenlaser mit Linienfokus eingesetzt. Bei einer gleichzeitigen Anwendung beider Strahlungsquellen wird eine schnellstmögliche Realisierung des Werkstückes gewährleistet.



DE 199 53 000 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Verfahren und Einrichtungen zur schnellen Herstellung von Körpern nach den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 15 und Verwendungen von mehreren Strahlen zur schnellen Herstellung von Körpern nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 16.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Körpern aus schichtweise aufgebrachtem Pulver und einem selektiven Sintern der jeweilig aufgetragenen Schicht sind aus der US 4863538 (Verfahren und Einrichtung zur Herstellung von Körpern durch selektives Sintern) bekannt. Dabei wird durch energiereiche Strahlung das Pulver der jeweiligen Schicht partiell versintert. Über das Auftreffen einer Strahlung auf die Pulverschicht wird dabei der Körper realisiert. Zur Erzeugung des jeweiligen Körpervolumens wird die energiereiche Strahlung gescannt. Zum Einsatz kommen vorwiegend CO₂- oder Nd : YAG-Laser mit Scanner, mit einer Leistung von 50 W bis 200 W und einem Fokus von 100 µm bis 300 µm. Das Ergebnis ist ein gesintertter Körper. Dieser zeichnet sich allerdings dadurch aus, dass eine Verbindung, ohne dass eine Schmelze wie beim Schweißen gebildet wird, entsteht. Damit ergeben sich Körper, die nur bedingt z. B. als Druckgusswerkzeuge einsetzbar sind. Durch eine nachträgliche Infiltration kann die Dichte des Sinterkörpers gesteigert werden. Ein wesentlicher Nachteil besteht weiterhin in der sehr langen Sinterzeit insbesondere bei größeren Körpern, die je nach Bauteilgröße bis zu 100 h beträgt. Ein weiterer Nachteil ist die relativ große Oberflächenrauheit des gesinterten Körpers. Die Einrichtung dieser Lösung besteht in einem durch einen Mikrorechner gesteuerten Verfahrensablauf.

Weitere derartige Veröffentlichungen sind die US 5314003 und US 5393613, bei denen die Körper aus einem vorher bereiteten Pulvergemisch verschiedener Metalle hergestellt werden. Eines der Metalle weist dabei einen geringen Schmelzpunkt auf, so dass bei einer partiellen Erwärmung diese Pulverteile versintern.

Eine weitere Möglichkeit der Herstellung eines Körpers aus schichtweise aufgetragenem Teilchen ist das Laserauftragsschweißen. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die Herstellung dichter Metallkörper, die Eigenschaften ähnlich des kompakten Materials aufweisen. Zur Anwendung kommen Nd : YAG-, CO₂- oder Hochleistungsdioden-Laser mit einer Leistung von 500 W bis mehrere kW und einem Strahlfleck von 0,2 bis mehrere mm Durchmesser. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, dass keine dreidimensionale Formen mit Hinterschneidungen realisierbar sind. Damit ergibt sich eine nur sehr eingeschränkte Formenvielfalt. Ein weiterer Nachteil ist die mangelnde Konturenschärfe.

Der in den Patentansprüchen 1, 15 und 16 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, Körper, insbesondere als Werkzeuge, Werkstücke, Urmodelle, Gußformen oder Prototypen unter Verwendung von schichtweise aufgetragenen pulverförmigen Stoffen insbesondere schnell herzustellen.

Dieses Problem wird mit den in den Patentansprüchen 1, 15 und 16 aufgeführten Merkmalen gelöst.

Das Verfahren und die Einrichtung zur schnellen Herstellung von Körpern, insbesondere von Werkzeugen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen unter Verwendung von schichtweise aufgetragenen pulverförmigen Stoffen zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass die Körper maßgenau und konturscharf hergestellt werden. Formkorrigierende Nachbehandlungen werden weitestgehend vermieden, so dass sehr ökonomisch derartige Körper herstellbar sind. Dieser Sachverhalt wird durch eine gleichzeitige Steigerung der Schnelligkeit bei der Realisierung

wesentlich unterstützt. Das wird durch die Verwendung zweier Strahlungsquellen erreicht, wobei die Erste der Erzeugung der Kontur und die Zweite zur Realisierung des Innenraumes dient. Bei der ersten Strahlungsquelle handelt es sich vorwiegend um einen Laser guter Strahlqualität, da ein kleiner Fokus erzielt werden soll. Bei einer gleichzeitigen Anwendung beider Strahlungsquellen wird eine schnellstmögliche Realisierung des Werkstückes gewährleistet.

Das gilt insbesondere bei der Herstellung gesintertter Körper, die insbesondere aus Pseudolegierungen oder Verbundwerkstoffen einer metallischen und nichtmetallischen Komponente bestehen. Durch die energiereiche Strahlung werden die an den Oberflächen liegenden Atome des Pulvers beweglicher, so dass diese die Plätze von einem Teilchen zum nächsten wechseln können. Dadurch entstehen an den Berührungsflächen der Pulverteilchen Verbindungen. Bei höherer Temperatur nehmen auch die im Inneren befindlichen Atome an dieser Bewegung teil. Es erfolgt eine Verbindung ohne dass eine Schmelze wie beim Schweißen gebildet wird. Bei einem Pulver, das nur aus einer Komponente besteht, genügt zum Sintern eine Temperatur, die bei etwa 2/3 der Schmelzpunkttemperatur in Kelvin liegt. Bei Pulvermischungen oder legierten Pulvern ist auch eine Bildung einer Schmelze möglich, das entspricht dem Sintern mit flüssiger Phase.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Einrichtung bestehen darin, dass auch ein Verschweißen der Konturen möglich ist. Dabei wird zuerst die Kontur mit einem Laserstrahl mit einem kleinen Fokus erzeugt und anschließend oder gleichzeitig der zukünftige Innenraum des Körpers mit einem Laserstrahl mit einem großen Fokus verschweißt. Durch den sehr kleinen Fokus des Lasers für die Kontur werden nur kleinste Gebiete aufgeschmolzen, wodurch eine Konturtreue gewahrt bleibt. Die so gebildete Kontur stellt für den anschließenden Schmelzvorgang im Inneren des Körpers ein Gefäß dar und verhindert eine Zerstörung der äußeren Form durch die Schmelze.

Weitere Möglichkeiten sind dadurch gegeben, dass die äußere Kontur gesintert und der Innenraum aufgeschmolzen wird. Dies führt zu einem sehr festen Körper mit feinsten Außenkontur. Die umgekehrte Vorgehensweise, eine verschweißte Kontur mit einem gesinterten Innenraum führt zu einer erhöhten Herstellungsgeschwindigkeit bei hoher Haltbarkeit der Oberfläche des Körpers. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass sich hinterschneidende Körperkanten realisierbar sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Patentansprüchen 2 bis 14 und 17 angegeben.

Mit den Weiterbildungen des Patentanspruchs 2 werden vorteilhafterweise, zum einen über eine fokussierte Strahlung der Körper scharfkantig hergestellt und zum anderen über eine flächenhaft wirkende Strahlung höherer Leistung mit einem großen Fokus, einem Linienfokus oder einer flächenhaften Belichtung der Innenraum zwischen den Konturen schnell realisiert.

Die Strahlen der zweiten Strahlungsquelle sind je nach der Herstellungstechnologie, der verwendeten Stoffe, der geometrischen Formen oder Abmessungen des Körpers nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 3 vor, gleichzeitig und/oder nach den Strahlen der ersten Strahlungsquelle auf die Schicht oder die Schichten aufbringbar.

Günstige Strahlungen für die erste und die zweite Strahlungsquelle sind nach der Weiterbildung 4 eine fokussierte Nd : YAG-, CO₂-, Faser- oder Diodenlaserstrahlung und eine linienfokussierte Hochleistungsdiodenlaser-, eine flächenhafte TEA- oder Excimer-Laserstrahlung, eine Strahlung von Hochleistungslampen oder eine Hochleistungs-

Nd : YAG-Laserstrahlung oder Hochleistungs-CO₂-Laserstrahlung mit entsprechend großem Fokus.

Die Steuereinrichtung nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 5 ermöglicht das gezielte Erzeugen des Körpers.

Der Innenraum des Körpers ist nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 6 sowohl einzeln schichtweise als auch nach dem Auftragen mehrerer Schichten gleichzeitig mit den Strahlen der zweiten Strahlungsquelle überstreichbar. Besonders beim Versintern der Pulverteilchen sind auch mehrere Schichten miteinander verbindbar. Dadurch sind unter anderem auch großvolumige Körper schnell realisierbar.

In den Weiterbildungen der Patentansprüche 7 und 8 sind günstige Parameter für die erste und die zweite Strahlungsquelle angegeben.

Eine Erwärmung des Körpers während und nach seiner Herstellung mit der Weiterbildung des Patentanspruchs 9 verringert die Möglichkeit einer Rißbildung der sich ansonsten ungesteuerten Abkühlung der bereits bearbeiteten Schichten. Damit steigt die Qualität des hergestellten Körpers und Ausschuß wird weitestgehend eingeschränkt. Durch eine konstante Temperierung auf erhöhter Temperatur bereits vor Beginn der Bearbeitung ist eine zusätzlich durch einen Laser eingebrachte Energie kompensierbar. Maßabweichungen des Körpers durch unterschiedliche Temperaturen während der Bearbeitung werden vermieden.

Durch die Herstellung des Körpers unter Vakuumbedingungen nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 10 ist keine reaktive Atmosphäre vorhanden, so dass weitestgehend eine chemische Reaktion der Pulverteilchen unterdrückt wird und Fehlstellen im Gefüge des Körpers weitestgehend vermieden werden. Die Qualität der unter Vakuum hergestellten Körper steigt wesentlich.

Ein weiterer Vorteil des Arbeitens unter Vakuum besteht darin, dass gleichzeitig eine an den Pulverteilchen vorhandene Wasserhaut entfernt wird. Das Pulver trocknet und die Handhabbarkeit des Pulvers steigt. Weiterhin wird eine Klumpenbildung während des Auftragens weitestgehend vermieden. Damit sind dünne Schichten, auch < 50 µm, realisierbar.

Bei einem Verschweißen der Pulverteilchen sind weiterhin auch dichte und porenfreie Körper herstellbar.

Die Weiterbildung des Patentanspruchs 11 führt zum Herstellen spannungsarmer verschweißter und damit dichter und porenfreier Werkstücke. Durch die Anwendung einer hohen Temperatur kurz unterhalb der Sintertemperatur ist der Körper vorteilhafterweise mit einer wesentlich geringeren Laserleistung und/oder einer wesentlich höheren Geschwindigkeit herstellbar. Das führt zu ökonomischen Vorteilen, so dass der Aufwand für das Heizen weitestgehend kompensierbar ist.

Ein undefiniertes Aufheizen der Vakuumkammer und des Einkoppelfensters werden durch die Weiterbildung des Patentanspruchs 12 weitestgehend verhindert, so dass stabile optische Bedingungen für den Prozess garantiert werden.

Die Steuerung der Anzahl der Schichten sowohl der Kontur als auch des Innenraums und die der Bahnen der ersten, der zweiten Strahlungsquelle, die Strahlen führenden und/oder ablenkenden Einrichtungen erfolgt vorteilhafterweise nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 13 über eine in die Steuerung implizierte Software.

Eine Positionierung der Scanner in verschiedenen Ebenen nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 14 sichert ein unabhängiges Arbeiten der Scanner über die gesamte Fläche des Körpers.

Günstige technologische Bedingungen zur Herstellung von Körpern stellen nach der Weiterbildung des Patentanspruchs 17 die Verwendung von Strahlen mit unterschiedli-

cher Fokusform, unterschiedlicher Fokusgröße und/oder unterschiedlicher Wellenlänge mit gleichen oder verschiedenen Einwirkzeiten dar.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden näher beschrieben.

Die Figur zeigt dazu eine prinzipielle Darstellung einer Einrichtung zur schnellen Herstellung von Körpern.

Die nachfolgenden Ausführungsbeispiele beinhalten jeweils zusammen sowohl die Verfahren als auch die Einrichtungen zur schnellen Herstellung von Körpern, insbesondere von Werkzeugen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen unter Verwendung von schichtweise aufgetragenen pulverförmigen Stoffen. Gleichzeitig wird die Verwendung von mehreren Strahlen zur schnellen Herstellung von Körpern ausgeführt.

1. Ausführungsbeispiel

In einem ersten Ausführungsbeispiel erfolgt die Erzeugung der Kontur 2 eines Körpers 1 nach dem Aufbringen einer Schicht aus einem in Pulverform vorliegenden Stoff. Dazu wird mittels eines Rakels 5 aus einem Vorratsbehälter 15 eine Schicht mit einer Schichtdicke von 50 µm des pulverförmigen Stoffes 4 flächig aufgebracht. Der Körper 1 befindet sich dazu in einem Behältnis. Nach dem Aufbringen einer Schicht erfolgt die Realisierung der Kontur 2 des Körpers 1 in dieser Schicht. Dazu wird die Kontur 2 mittels der Laserstrahlung 10 eines cw-Faserlasers 9 mit einer Leistung von 50 W und einem im Strahlengang nachgeordneten zweidimensionalen ersten Scanners 12 erzeugt. Der cw-Faserlaserstrahl 10 besitzt einen Fokusedurchmesser von 20 µm. Der zweidimensionale erste Scanner 12 befindet sich dazu an einer ersten xy-Positioniereinheit 14, so dass der cw-Faserlaserstrahl 10 linienförmig und in hoher Geschwindigkeit über die Pulverschicht führbar ist. Damit ist eine große Fläche des Körpers 1 überstreichbar. Der erste Scanner 12 wird entsprechend seinem Arbeitsbereich schrittweise verfahren. Je nach dem pulverförmigen Stoff 4 wird der cw-Faserlaserstrahl 10 mehrfach in nebeneinanderliegenden Spuren zur Erzeugung der Kontur 2 des Körpers 1 geführt.

Danach wird mittels des Rakels 5 die nächste Schicht des pulverförmigen Stoffes 4 aufgetragen und mittels der cw-Faserlaserstrahlung 10 wiederum verschmolzen oder versintert.

Falls die vertikale Struktur des Körpers 1 es erlaubt, wird der Innenraum 3 des Körpers 1 nach jeweils 10 bis 30 Schichten des pulverförmigen Stoffes 4 mit der Diodenlaserstrahlung 8 eines Hochleistungsdiodenlasers 7 aufgeschmolzen oder versintert. Es wird dazu über einen zweiten eindimensionalen Scanner 11 ein Linienfokus von ungefähr 0,8 × 3 mm² angewandt. Der zweite Scanner 11 ist an einer zweiten xy-Positioniereinheit 13 angekoppelt.

Die Realisierung der Kontur 2 und des Innenraums 3 des Körpers 1 erfolgt über eine Steuerung in Form eines Computers 16. Dazu sind die Anordnungen zum Auftragen des pulverförmigen Stoffes 4 in Form des Antriebs 6 des Rakels 5, der cw-Faserlaser 9, der Hochleistungsdiodenlaser 7, die Scanner 11, 12 und die xy-Positioniereinheiten 13, 14 mit dem Computer 16 verbunden. Über den Computer 16 erfolgt die Berechnung der Anzahl der nebeneinanderliegenden Kontur- und der Innenspuren je nach der Geometrie des Körpers 1 unter Beachtung der vorhandenen Fokusgeometrien. Weiterhin wird die Berechnung der Anzahl der übereinanderliegenden Konturspuren je nach der Geometrie des Körpers 1 durchgeführt. Gleichzeitig wird der Herstellungsprozess des Körpers 1 automatisch gesteuert. Über an den Computer 16 angeschlossene Prozesssensorik wird der ge-

same Herstellungsverfahren überwacht und ausgewertet.

Nach Beendigung des Herstellungsprozesses werden die lose angelagerten Teilchen des pulverförmigen Stoffes 4 mechanisch, physikalisch und/oder chemisch entfernt.

Die Figur zeigt prinzipiell eine derartig ausgebildete Einrichtung.

Eine in weiteren Ausführungen durchgeführte Nachbehandlung des Körpers durch Glühen oder Härten vermindert die Spannungen oder erhöht die Festigkeit des hergestellten Körpers.

2. Ausführungsbeispiel

Der Verfahrensablauf und die verwendete Struktur des Auftragens der Pulverteilchen, von zwei Lasern, deren Strahlen geformt und abgelenkt werden, die weiterhin mit einem Computer als Steuereinrichtung verbunden sind, in einem zweiten Ausführungsbeispiel entspricht im wesentlichen denen des ersten Ausführungsbeispiels. Die Realisierung der Kontur des Körpers erfolgt nahezu analog denen des ersten Ausführungsbeispiels. Zusätzlich befinden sich jedoch der Vorratsbehälter für das Pulver und der Bauraum für das Werkstück in einem Vakuumbehälter. Der Bauraum ist mit einer Wärmequelle verbunden. Das Vakuum verhindert eine übermäßige Wärmeableitung zum Vakuumbehälter.

Es ergeben sich zusätzliche Prozessschritte.

Vor Beginn des eigentlichen Erzeugens der Kontur wird zunächst im Vakuumgefäß ein Druck im Vorvakuumbereich von 1 mbar bis 10 mbar erzeugt. Anschließend erfolgt ein Aufheizen des Bauraumes auf 600°C bis 800°C. Die Temperatur wird entsprechend dem verwendeten Werkstoff so hoch gewählt, dass beim Verschweißen der Schichten keine Spannungen entstehen und aber noch so niedrig, dass die Pulverteilchen noch nicht großflächig versintern.

Durch die Anwendung des Vakuums ist es möglich, die Dicke der aufgetragenen Schichten auf 10 µm bis 30 µm zu verringern. Die Schichten können im Vakuum verschweißt werden, so dass dichte und völlig porenfreie Körper entstehen. Die benötigte Laserleistung ist gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel wesentlich geringer. Während der Prozess abläuft, wird die Vakuumkammer außen und vor allem am Einkoppelfenster gekühlt. Dies verhindert unerwünschte Brechungsindexgradienten über dem Einkoppelfenster, welche zu Unschärfen im Laserfokus führen können.

Nach Beendigung des Formprozesses wird der Körper langsam abgekühlt. Zur Beschleunigung des Abkühlprozesses kann in die Kammer Inertgas, z. B. Argon, eingelassen werden.

3. Ausführungsbeispiel

Der Verfahrensablauf und die verwendete Struktur des Auftragens der Pulverteilchen, von zwei Lasern, deren Strahlen geformt und abgelenkt werden, die weiterhin mit einem Computer als Steuereinrichtung verbunden sind, entspricht denen des ersten Ausführungsbeispiels.

In einem dritten Ausführungsbeispiel wird mit einem gepulsten Nd:YAG-Laser mit einer kurzen Einwirkzeit > 1 ms und einem begrenzten Aufschmelzbereich < 40 µm eine sehr große Schärfe der Kontur des Körpers erreicht. Dabei wird der Nd:YAG-Laser mit einer Frequenz von f > 200 Hz gepulst. Die Führung des Laserstrahles auf der jeweiligen Pulverschicht erfolgt über einen zweidimensionalen ersten Scanner der mit einer ersten xy-Positioniereinheit verbunden ist.

Entsprechend der vertikalen Struktur des Körpers wird der Innenbereich des Körpers nach mehreren Schichten mit

einem Hochleistungsdiodenlaser aufgeschmolzen oder versintert. Es wird dazu über einen zweiten eindimensionalen Scanner ein Linienfokus von ungefähr 0,8 x 3 mm² verwendet. Der zweite Scanner ist an einer zweiten xy-Positioniereinheit angekoppelt.

Die Scanner und die xy-Positioniereinheiten sind mit dem Computer als Steuereinrichtung verbunden. Mittels des Computers werden der Pulverauftrag, die Laser, die Scanner und die xy-Positioniereinheiten so gesteuert, dass die Geometrie des Körpers realisiert wird.

4. Ausführungsbeispiel

Der Verfahrensablauf und die verwendete Struktur des Auftragens der Pulverteilchen, von zwei Lasern, deren Strahlen geformt und abgelenkt werden, die weiterhin mit einem Computer als Steuereinrichtung verbunden sind, entspricht denen des ersten Ausführungsbeispiels. Die Realisierung der Kontur des Körpers erfolgt analog denen des ersten oder dritten Ausführungsbeispiels.

In einem vierten Ausführungsbeispiel wird entsprechend der vertikalen Struktur des Körpers der Innenraum des Körpers nach mehreren Schichten mit einem gepulsten Hochleistungslaser mit einer flächenhaften Bestrahlung, insbesondere einem TEA-Laser mit einer Leistung > 500 W, aufgeschmolzen oder versintert. Die Form der bestrahlten Fläche wird durch Maskenprojektion mit einer gesteuerten variablen Maske der Kontur weitestgehend angepasst.

Der Scanner, die xy-Positioniereinheit und die gesteuerte variable Maske sind mit dem Computer als Steuereinrichtung verbunden. Mittels des Computers werden der Pulverauftrag, die Laser, die Scanner und die xy-Positioniereinheiten so gesteuert, dass die Geometrie des Körpers realisiert wird.

In weiteren Ausführungsformen der Ausführungsbeispiele wird der Körper innerhalb einer Vakuumkammer hergestellt. Der Vorratsbehälter für die Pulverteilchen ist vorteilhafterweise ebenfalls ein Bestandteil dieser Vakuumkammer.

In weiteren Ausführungsformen der Ausführungsbeispiele wird während der Realisierung des Körpers der Behälter zur Aufnahme des Körpers auf ca. 100°C mittels einer daran angekoppelten Wärmequelle temperiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur schnellen Herstellung von Körpern, insbesondere von Werkzeugen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen unter Verwendung von nacheinander schichtweise aufgetragenen pulverförmigen Stoffen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Konturen (2) des Körpers (1) schichtweise nacheinander mit einem kleinen Fokus aufweisenden Strahlen einer ersten Strahlungsquelle verschweißt oder versintert und dass mit Strahlen einer zweiten Strahlungsquelle zum einen die jeweilige oder zum anderen nach der Beaufschlagung der Konturen (2) mit Strahlen der ersten Strahlungsquelle mehrere Schichten der Fläche zwischen den Konturen (2) verschweißt oder versintert werden.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlen der ersten Strahlungsquelle über eine erste die Strahlen führende und/oder ablenkende Vorrichtung zur Strahlformung fokussiert werden und dass zum ersten die Strahlen der zweiten Strahlungsquelle über eine zweite die Strahlen führende und/oder ablenkende Vorrichtung zur Strahlformung einen großen Fokus aufweisen, dass zum zwei-

ten die Strahlen der zweiten Strahlungsquelle über die zweite die Strahlen führende und/oder ablenkende Vorrichtung linienfokussiert sind oder dass zum dritten eine flächenhaft liefernde Strahlungsquelle die zweite Strahlungsquelle ist und dass über wenigstens eine feste, bewegbare und oder in der Kontur veränderbare Maske zwischen der zweiten Strahlungsquelle und dem Körper 1 eine flächenhafte Belichtung erfolgt.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlen der zweiten Strahlungsquelle vor, gleichzeitig und/oder nach den Strahlen der ersten Strahlungsquelle auf die Schicht oder die Schichten gelangen.

4. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlen der ersten Strahlungsquelle eine fokussierte Nd : YAG-, CO₂-, Faser- oder Diodenlaserstrahlung und dass die Strahlen der zweiten Strahlungsquelle eine linienfokussierte Hochleistungsdiodenlaserstrahlung, eine flächenhafte TEA-Laserstrahlung, Excimer-Laserstrahlung, Strahlung von Hochleistungslampen, die gering fokussierte Strahlung von Hochleistungs-Nd : YAG-Lasern oder die gering fokussierte Strahlung von Hochleistungs-CO₂-Lasern sind.

5. Verfahren nach den Patentansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Strahlungsquelle oder dass die erste und die zweite Strahlungsquelle und die Strahlen führenden und/oder ablenkenden Einrichtungen über wenigstens eine Steuereinrichtung miteinander verbunden sind.

6. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontur (2) durch die Strahlen der ersten Strahlungsquelle und dass der Innenraum (3) des Körpers (1) durch die Strahlen der zweiten Strahlungsquelle schichtweise oder über mehrere Schichten ein- oder mehrmals überstrichen werden.

7. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leistungsbereich der ersten Strahlungsquelle 10 W bis 200 W und dass der Leistungsbereich der zweiten Strahlungsquelle größer 200 W betragen.

8. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Fokus der ersten Strahlungsquelle von 5–100 µm beträgt und dass entweder der Fokus der zweiten Strahlungsquelle von 100 µm bis mehrere mm ist oder dass durch Maskenprojektion eine Fläche von 0,1 bis mehrere mm² durch die zweite Strahlungsquelle bestrahlt wird.

9. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger oder der Behälter zur Aufnahme des Körpers (1) mit einer Wärmequelle verbunden ist und dass die Temperierung des Trägers oder des Behälters über die Steuereinrichtung entsprechend der Geometrie des Körpers (1) entweder konstant oder entsprechend wenigstens einer Schicht erfolgt.

10. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Körper (1) in einer Vakuumkammer befindet und dass die Strahlung über wenigstens ein Einkoppelfenster in die Vakuumkammer eingebracht wird.

11. Verfahren nach den Patentansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Körper zwischen 600°C und 800°C temperiert wird.

12. Verfahren nach Patentanspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumkammer und das Einkoppelfenster gekühlt werden.

13. Verfahren nach den Patentansprüchen 5, 6 und 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung der

Anzahl der Schichten der Kontur (2) und des Innenraums (3) und dass die Steuerung der Bahnen der ersten, der zweiten Strahlungsquelle, die Strahlen führenden und/oder ablenkenden Einrichtungen über eine in die Steuerung implizierte Software erfolgt.

14. Verfahren nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlen führenden und/oder ablenkenden Einrichtungen als Scanner (11, 12) über damit verbundenen xy-Positioniereinrichtungen (13, 14) geführt werden und dass sich die Scanner (11, 12) in gleichen oder verschiedenen Ebenen übereinander positioniert werden.

15. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur schnellen Herstellung von Körpern, insbesondere von Werkzeugen, Werkstücken, Urmodellen, Gußformen oder Prototypen unter Verwendung von schichtweise aufgetragenen pulverförmigen Stoffen nach Patentanspruch 1 oder Patentanspruch 1 und wenigstens einem der Patentansprüche 2 bis 14.

16. Verwendung von mehreren Strahlen zur schnellen Herstellung von Körpern insbesondere von Werkzeugen, Werkstücken, Urmodellen, Gussformen oder Prototypen aus nacheinander schichtweise aufgetragenen pulverförmigen Stoffen, dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlen mindestens einer ersten Strahlungsquelle durch Verschweißen und Versintern der pulverförmigen Stoffe zur Realisierung der Kontur des Körpers und dass die Strahlen mindestens einer zweiten Strahlungsquelle durch Verschweißen oder Versintern der pulverförmigen Stoffe zur Realisierung des Körpers zwischen der Kontur oder den Konturen verwendet werden.

17. Verwendung nach Patentanspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass Strahlen mit unterschiedlicher Fokussierung, unterschiedlicher Fokussgröße und/oder unterschiedlicher Wellenlänge mit gleichen oder verschiedenen Einwirkzeiten verwendet werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

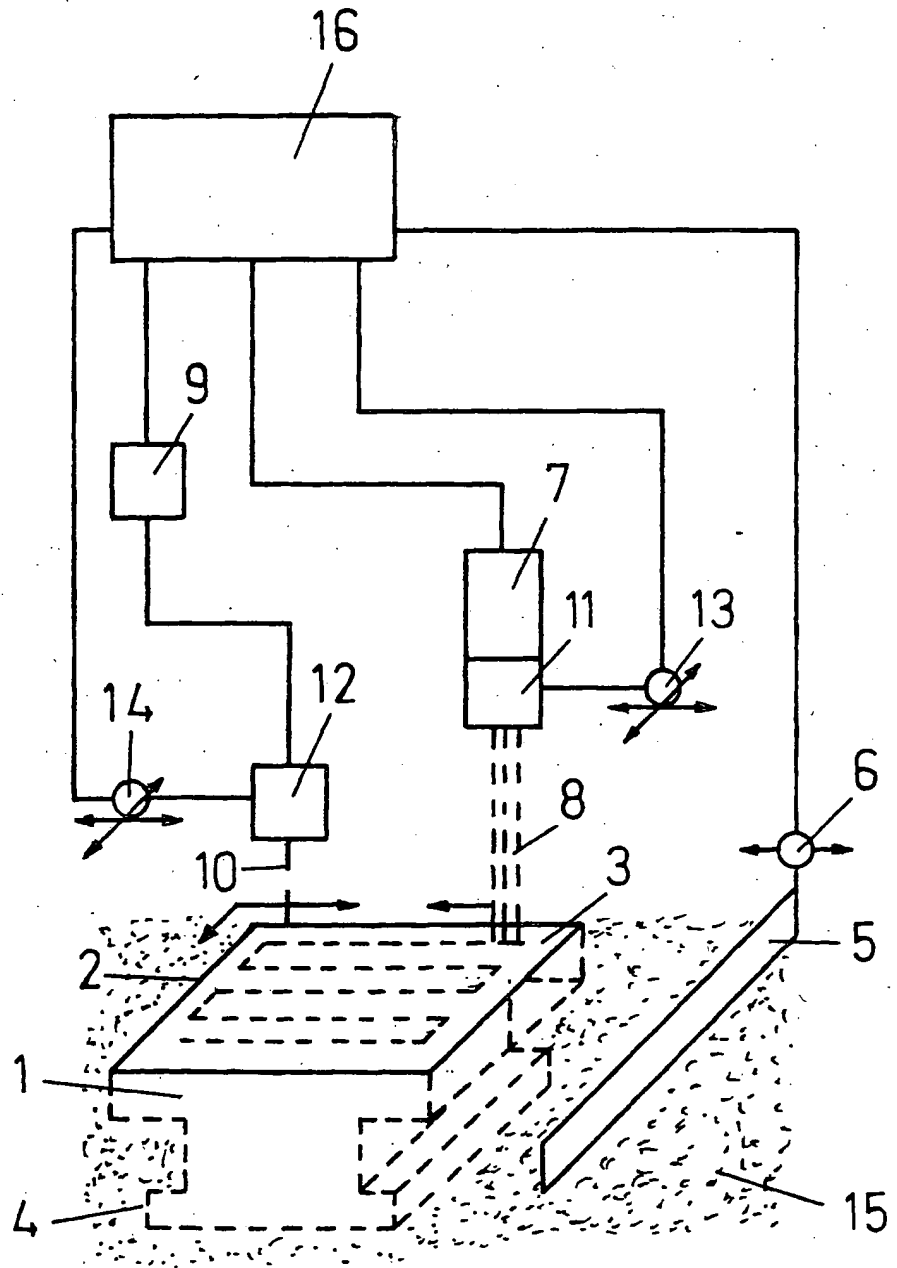


Fig.